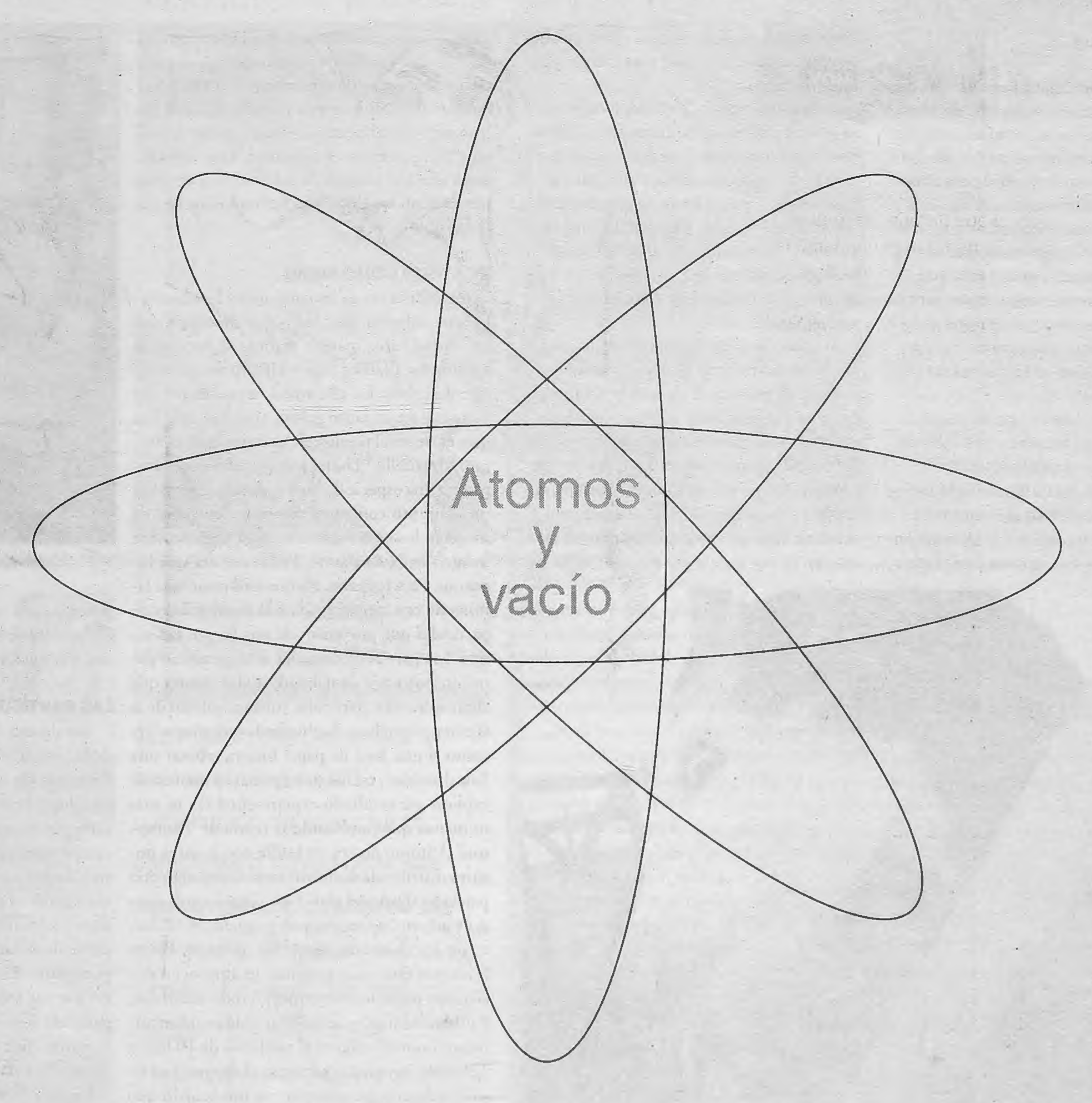



*Nada existe, excepto átomos y espacio vacío; todo lo demás es opinión.*

Demócrito, Siglo V antes de Cristo.

POR MARTIN DE AMBROSIO

**Sabemos que todo –desde el Sol hasta las neuronas de los ministros de Economía, pasando por la tinta y el papel que conforman estas páginas– todo está compuesto por átomos. Pero lo que aún no se sabe con exactitud es de qué están hechos los átomos. Sin embargo, existen algo más que pistas: es seguro que hay quarks y leptones que estructuran a los más populares protones, electrones y neutrones. En esta edición, Futuro reproduce algunos de los momentos de la tercera reunión del Ciclo de Charlas de Café Científico –que brindaron los doctores en Física, investigadores del Conicet y docentes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA Diego Mazzitelli y Ricardo Piegaia– en la que se hizo un recorrido por la historia, plena de vicisitudes, del concepto de átomo y del modo en que el hombre busca la materia más elemental.**

Hace 2500 años, en la ciudad de Abdera, a un filósofo llamado Demócrito o tal vez a su maestro Leucipo se le ocurrió que todo estaba formado por átomos (la unidad mínima de materia que, como su significado en griego lo indica, no puede dividirse); átomos que nadan en medio del vacío. Los átomos de Demócrito estaban siempre en movimiento, existían en número infinito y sólo se diferenciaban por tamaño y forma: algunos eran irregulares, otros ganchudos, otros cóncavos, otros convexos, entre otras características que permitían explicar los datos que percibían los sentidos. Así, las cosas dulces estaban formadas por átomos lisos; y lo agrio y lo amargo lo producían átomos en forma de gancho que dañaban la lengua, etcétera. La teoría de Demócrito fue algo olvidada, especialmente por la mala prensa que Aristóteles le confirió –como a todos sus antecesores–, hasta que el químico inglés John Dalton la revivió hacia principios del siglo XIX. A Dalton (el mismo que sufría un problema de distinción de los colores que estudió en profundidad y que se llama daltonismo justamente por él) le parecía que toda la materia podía reducirse a principios elementales e indivisibles, y por eso bautizó a su criatura con aquel mismo nombre griego. Pero no habían pasado en vano más de veinte siglos: la teoría ahora tenía un soporte cuantitativo y experimental que posibilitó la química y la física moderna, aunque el átomo seguía indivisible. Tuvo que pasar un tiempo hasta que en 1897 el físico inglés J. J. Thompson descubrió al electrón, y sólo después se comprobó que los átomos estaban conformados también por un núcleo que tiene protones y neutrones, además de los electrones que giran alrededor del núcleo. De modo que el átomo ya no era el último ápice de la materia, aquello indivisible que formaba todas las cosas. Había algo aún más fundamental que el átomo, y que lo componía. Ese fue el adiós a su indestructibilidad y el comienzo de una carrera que todavía no se detuvo –que no se sabe cuándo va a terminar– por determinar cuál es la porción mínima de materia indivisible. Tal vez sea una partícula que los físicos llaman el bosón de Higgs y que se busca con ahínco porque las complejas teorías actuales indican que debe estar ahí, agazapado, a la espera de un ojo humano para sorprender. De la historia, del devenir del átomo y de sus fatigosos componentes se habló en la tercera reunión del Ciclo de Charlas de Café Científico, organizado por el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires, en la Casona del Teatro, que contó con las exposiciones de los doctores en Física, investigadores del Conicet y docentes de la FCEyN de la UBA Diego Mazzitelli y Ricardo Piegaia. La próxima reunión de Café Científico será el 19 de junio y el título será "Los alimentos transgénicos: ¿son peligrosos?"

## BREVE HISTORIA DE UN CONCEPTO

Diego Mazzitelli: "La cuestión que tratamos hoy es la constitución de la materia, la idea de que todo lo que nos rodea está formado por entes más fundamentales. Y fue el estudio de las reacciones químicas lo que le permitió a Dalton retomar el concepto de Demócrito. Los químicos de la época descubrieron que había leyes muy básicas: que la cantidad de masa que había en los elementos que reaccionaban era la misma que había en los productos finales de las reacciones –que ahora se llama *Ley de conservación de la masa*–; o que los distintos elementos se combinaban en proporciones muy simples, como las que conforman el agua. Así, en 1803, Dalton postuló que las cosas están formadas por átomos, que él seguía pensando indivisibles, que tenían distintas masas, y que lo que pasaba en las reacciones químicas era que había combinaciones que formaban las cosas. Ese fue el primer avance notable. Y durante todo el siglo XIX se avanzó muchísimo en la comprensión del átomo: se llegó a estimar el número de Avogadro, establecido en $6 \times 10^{23}$, que es un número muy grande. Todo ese saber químico se condensa en la tabla periódica de los elementos del ruso Dimitri Mendeleiev, con la que todos nos hemos topado alguna vez, con mayor o menor simpatía".

El conocimiento del átomo y su estructura interna cambió de disciplina como un estudiante de secundaria que está indeciso sobre qué estudiar, que le gustan mucho las ciencias llamadas exactas, pero que titubea entre la química y la física. Del mismo modo, el átomo fue un objeto de la química por mucho tiempo, hasta que la física lo tomó para sí y ya es difícil que lo suelte, al menos por un tiempo. Continúa Mazzitelli: "la comprensión más profunda llegó recién en el siglo XX, y se necesitó un cambio de método para conocer las propiedades físicas de los átomos. Se pasó de las reacciones químicas a la era de las colisiones. Ahora, la manera que tienen los físicos de conocer



BIOLOGIA MOLECULAR

# El prión también se adapta

Especial de *El País*

Los biólogos del Comisariado francés de la Energía Atómica (CEA) han demostrado que el prión de las vacas locas es capaz de evolucionar en el cuerpo de un primate para hacerse mucho más contagioso para otros primates de la misma especie. Aunque los experimentos se han hecho en macacos, la biología molecular de la enfermedad es tan similar en esos monos y en las personas que los científicos están seguros de que el proceso es extrapolable, y aconsejan extremar las precauciones contra el contagio en los hospitales, incluso en los países sin pacientes detectados.

La mortal encefalopatía que las vacas locas transmiten a los humanos se denomina "nueva variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob". Hasta el momento se han descripto 85 casos en el Reino Unido, uno en Irlanda y tres en Francia. Aunque no puede descartarse que muchos otros casos estén aún en fase de incubación, las cifras actuales parecen implicar que la tasa de transmisión entre las dos especies es muy baja, ya que en el Reino Unido un gran número de vacas enfermas –quizá un millón– entraron inadvertidamente en la cadena alimentaria humana en los años '80.

Sin embargo, los especialistas están preocupados por otra cuestión: una vez que la enfermedad vacuna ha saltado a las personas, ¿es posible que el contagio de persona a persona pueda propagarla de modo mucho más eficaz? Los experimentos que podrían aclarar este punto no pueden hacerse, naturalmente, pero los científicos del CEA franceses han demostrado en el macaco –un modelo casi idéntico al ser humano– que ese riesgo de transmisión secundaria dentro de la misma especie es efectivamente mayor.



## RESGUARDOS

Según el trabajo de estos investigadores, los países deben extremar las precauciones para evitar el contagio llamado "iatrogénico", es decir, mediado por material quirúrgico, trasplantes o administración de productos biológicos de origen humano. Es preciso aclarar que los científicos no han probado si la sangre transmite la enfermedad. Sólo han probado que los extractos de cerebro pueden transmitirla por vía venosa.

El prión vacuno se comporta en el macaco y en el ser humano de modo casi idéntico, según todas las pruebas que han podido hacerse. El dato preocupante es que, cuando los investigadores toman extractos de cerebro del primer macaco infectado para inyectárselos a otro macaco, el prión sigue revelando muchas de las características del prión vacuno original, pero ha evolucionado y se ha hecho mucho más infectivo para otros macacos.

Un dato revela con particular fuerza que la situación debe ser la misma en los humanos: el prión de vaca tiene una infectividad baja para el macaco –al igual que para el humano–, pero el prión de vaca evolucionado en un ser humano (es decir, obtenido de pacientes de la nueva variante de Creutzfeldt-Jakob) es mucho más infectivo para el macaco, y probablemente también para el ser humano.

Aunque los datos están muy claros, sus fundamentos teóricos siguen siendo enigmáticos. El prión de la vaca es una simple proteína plegada de forma incorrecta, y por tanto no tiene genes y no se puede replicar dentro del cuerpo humano. Lo que hace es provocar un cambio de forma en los priones humanos equivalentes, que a su vez inducen a cambiar de forma a otros priones humanos. Lo que cabría esperar, por tanto, es que los priones obtenidos de un paciente humano fueran humanos a todos los efectos, pero no es así. Sus propiedades siguen siendo las del prión vacuno, aunque se van adaptando a su nuevo huésped y se hacen más y más infectivos.

## TIPOS Y SUBTIPOS

De hecho, las enfermedades priónicas ya existían en las personas mucho antes de las vacas locas –la "variante clásica" de Creutzfeldt-Jakob es una de ellas– y si algo permitió en 1996 deducir que había surgido una "nueva variante" de Creutzfeldt-Jakob provocada por el consumo de carne es que el prión vacuno se comportaba de forma distinta al humano. No se sabe cuántos tipos y subtipos de priones existen en los mamíferos, ni a qué se deben sus diferencias.

El equipo francés también aporta alguna novedad sobre esta cuestión. Según sus datos, los priones son esencialmente de dos clases: la clase "bovina", que incluye al agente de las vacas locas y a los priones de humanos y otros primates originados por contagio de origen vacuno; y la clase "ovina", que incluye al agente del *scrapie* o tembladera de la oveja, y también, sorprendentemente, al prión humano de la "variante clásica", es decir, el que no tiene nada que ver con la ingestión de vacuno.

Por cierto que este último hecho lleva a los científicos del CEA a reconsiderar los riesgos del *scrapie* ovino, del que no hay evidencias de que se transmita a las personas. "En algunos casos", señalan los autores, "las encefalopatías transmisibles de la oveja y del ser humano pueden compartir un origen común".

# Atomos y vacío

el átomo es bombardeándolo. Como es algo tan chico –un tamaño típico es una cien millonésima de centímetro, 0,000000001 cm–, se debe utilizar este método. Uno de los primeros experimentos de este tipo fue hecho en 1911, por Ernest Rutherford. Ya se tenía alguna idea del tamaño de los átomos y se sabía que existían los electrones de modo que no era indivisible".

## EL ÁTOMO COMO BUDÍN

Antes de la era de las colisiones y las supercolisiones subatómicas, hubo que descubrir que en verdad había materia distinta al interior de los átomos. El físico inglés Thompson en 1897, que descubrió los electrones, seguramente era una persona un tanto golosa, al menos es lo que deja entrever el modo en que se imaginó el átomo. Mazzitelli: "Thompson pensaba que el átomo era una especie de budín, donde la masa era un conjunto con carga positiva y las pasas de uva eran los electrones con carga negativa. Esa imagen tenía en mente. Podía ser, era una hipótesis. Para testearla, Rutherford tomó una lámina de oro muy delgada y la bombardeó con partículas que provenían de una fuente radiactiva. Las partículas cargadas se dispersaban pero, un poco por casualidad, se dio cuenta que algunas de estas partículas volvían, volvían de la lámina, rebotaban. Rutherford confesó que 'era como si una hoja de papel hiciera rebotar una bala decañón', tal fue su sorpresa. La manera de explicar ese resultado experimental era ni más ni menos que cambiando la teoría de Thompson: el átomo no era un budín con la carga positiva distribuida uniformemente, sino algo más parecido al sistema planetario, con la carga concentrada en una región muy pequeña, el núcleo, y con los electrones alrededor, girando. Esa es la imagen que todos tenemos del átomo: un núcleo con todos los electrones girando alrededor. Rutherford llegó a cuantificar todo esto con números impresionantes: el núcleo es de 10.000 a 100.000 veces más chico que el átomo. Los físicos solemos dar ejemplos: se me ocurrió que si el núcleo fuera una pelota de ping pong, los electrones estarían en una región que va entre el Obelisco y el mercado del Abasto, para que se den una idea del tamaño".

## EL ÁTOMO COMO COSMOS

Ricardo Piegaia: "Los físicos hemos ido entendiendo la constitución de la materia mirando a escalas cada vez más y más pequeñas, y cómo hemos entendido la constitución de estructuras complejas a través de cosas más simples. El problema es que a cada simpleza, se le agrega una cosa aún más simple. Toda la materia está compuesta de moléculas, hay millones de moléculas que componen todas las cosas que conocemos, que se obtienen mezclando de maneras distintas unos 90 átomos. Es un paso de simplificación: con 90 cosas, explicamos millones. Pero 90 sigue siendo mucho. Se vio entonces que esos átomos están compuestos de tres partículas: electrón, protón y neutrón, que forman los 90 átomos. El siguiente paso era ver si el electrón, el protón y el neutrón están compuestos de otras cosas, adentro. (A eso habría que añadir el fotón que es la partícula que transmite la fuerza electromagnética, que le da estabilidad al átomo.) Luego, hubo una serie de descubrimientos, cuando se reunieron las teorías cuánticas y la de la relatividad, para comprender partículas muy pequeñas y que tienen gran aceleración".

Mazzitelli: "Claro, porque no se puede pensar como un sistema solar en miniatura al modelo atómico, porque de esta manera el electrón caería sobre el núcleo atómico. Esto indicó que la física clásica no es el elemento adecuado para explicar lo que pasa en escalas microscópicas. Por eso nació la mecánica cuántica, que es una teoría que permite describir la física nuclear, atómica y subnuclear. Es el comportamiento ondulatorio de los electrones –como onda y como partícula– es el que permite explicar la estabilidad de los átomos. Es una de las teorías que ha sido probada con más precisión en la historia de las ciencias y toda la era digital es hija de la mecánica cuántica".



TRES MOMENTOS DEL CAFE CIENTIFICO, BRINDADO

## LAS PARTÍCULAS CONTRERAS

Son algunos de los problemas que surgen cuando la complejidad va en aumento, el universo se hace cada vez más extraño y los científicos se especializan tanto que es preciso estudiar muchísimo para conocer una pequeña parcela de un campo particular. En 1932, cuando se conocían sólo dos partículas subatómicas –el protón y el electrón–, Paul Dirac encontró que sus ecuaciones admitían dos soluciones: una para una partícula de carga positiva y otra para una de carga negativa. Luego del desconcierto, Dirac sugirió que esa solución podía corresponder a una partícula desconocida, enteramente igual que electrón, salvo en su carga, una especie de *antielectrón*. Era el nacimiento de la antimateria.

Piegaia: "Tres años después de la predicción teórica de Dirac, Andersen descubrió la antipartícula del electrón. Por supuesto, recibió el premio Nobel. En ese momento era muy extraño, pero hoy en día es facilísimo en los laboratorios producir antipartículas, si utilizamos las antipartículas como forma de descubrir modos de actuar de los átomos. El proceso inverso de la ecuación de Einstein (la energía es igual a la masa por aceleraciónal cuadrado, E=mc2) también es posible: obtener masa de la energía. Ese proceso nos permitió avanzar en la comprensión de la materia. La idea es la siguiente: si yo hago chocar un electrón y un antielectrón a mucha velocidad, con mucha energía, se aniquilan y producen un protón y un antiprotón –la masa del protón es mucho más pesada, dos mil veces, que la del electrón–. Este proceso de fabricación de partículas es interesante: obtener masa de energía. Lo verdaderamente interesante es aumentar las velocidades y conseguir partículas que no conocíamos. La física de partículas se basa en trabajar con aceleradores. Uno acelera partículas, para que choquen con gran energía, y se empiezan a obtener partículas de más masa, nuevas en cierto sentido. La historia de los aceleradores comienza en 1950".

Pero antes se había descubierto otras partículas. En 1933 se descubrió un pariente pesado del electrón, llamado muon, al estudiar las lluvias cósmicas, que es unas 200 veces más pesado que el electrón. Apareció experimentalmente al chocar esas partículas ultra energéticas con la atmósfera de la tierra; no se trata de algo producido por los físicos en laboratorios, simplemente llegan a la tierra. Otro ejemplo: en 1947 se encontró, en un laboratorio de Bolivia que se llama Chacaltaya, más alto que La Paz, cerca del borde de la atmósfera, el pion.

Piegaia: "La siguiente se encontró ya con los aceleradores que el hombre inventó. Eso permitió que se encontraran muchas de estas partículas. Un chiste dice que hasta 1950 al que en-

BIOLOGIA MOLECULAR

# El prión también se adapta

Especial de *El País*

Los biólogos del Comisariado francés de la Energía Atómica (CEA) han demostrado que el prión de las vacas locas es capaz de evolucionar en el cuerpo de un primate para hacerse mucho más contagioso para otros primates de la misma especie. Aunque los experimentos se han hecho en macacos, la biología molecular de la enfermedad es tan similar en esos monos y en las personas que los científicos están seguros de que el proceso es extrapolable, y aconsejan extremar las precauciones contra el contagio en los hospitales, incluso en los países sin pacientes detectados.

La mortal encefalopatía que las vacas locas transmiten a los humanos se denomina "nueva variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob". Hasta el momento se han descripto 85 casos en el Reino Unido, uno en Irlanda y tres en Francia. Aunque no puede descartarse que muchos otros casos estén aún en fase de incubación, las cifras actuales parecen implicar que la tasa de transmisión entre las dos especies es muy baja, ya que en el Reino Unido un gran número de vacas enfermas –quizá un millón– entraron inadvertidamente en la cadena alimentaria humana en los años '80.



Sin embargo, los especialistas están preocupados por otra cuestión: una vez que la enfermedad vacuna ha saltado a las personas, ¿es posible que el contagio de persona a persona pueda propagarla de modo mucho más eficaz? Los experimentos que podrían aclarar este punto no pueden hacerse, naturalmente, pero los científicos del CEA francés han demostrado en el macaco –un modelo casi idéntico al ser humano– que ese riesgo de transmisión secundaria dentro de la misma especie es efectivamente mayor.

## RESGUARDOS

Según el trabajo de estos investigadores, los países deben extremar las precauciones para evitar el contagio llamado "iatrogénico", es decir, mediado por material quirúrgico, trasplantes o administración de productos biológicos de origen humano. Es preciso aclarar que los científicos no han probado si la sangre transmite la enfermedad. Sólo han probado que los extractos de cerebro pueden transmitirla por vía venosa.

El prión vacuno se comporta en el macaco y en el ser humano de modo casi idéntico, según todas las pruebas que han podido hacerse. El dato preocupante es que, cuando los investigadores toman extractos de cerebro del primer macaco infectado para inyectárselos a otro macaco, el prión sigue revelando muchas de las características del prión vacuno original, pero ha evolucionado y se ha hecho mucho más infectivo para otros macacos.

Un dato revela con particular fuerza que la situación debe ser la misma en los humanos: el prión de vaca tiene una infectividad baja para el macaco –al igual que para el humano–, pero el prión de vaca evolucionado en un ser humano (es decir, obtenido de pacientes de la nueva variante de Creutzfeldt-Jakob) es mucho más infectivo para el macaco, y probablemente también para el ser humano.

Aunque los datos están muy claros, sus fundamentos teóricos siguen siendo enigmáticos. El prión de la vaca es una simple proteína plegada de forma incorrecta, y por tanto no tiene genes y no se puede replicar dentro del cuerpo humano. Lo que hace es provocar un cambio de forma en los priones humanos equivalentes, que a su vez inducen a cambiar de forma a otros priones humanos. Lo que cabría esperar, por tanto, es que los priones obtenidos de un paciente humano fueran humanos a todos los efectos, pero no es así. Sus propiedades siguen siendo las del prión vacuno, aunque se van adaptando a su nuevo huésped y se hacen más y más infectivos.

## TIPOS Y SUBTIPOS

De hecho, las enfermedades priónicas ya existían en las personas mucho antes de las vacas locas –la "variante clásica" de Creutzfeldt-Jakob es una de ellas– y si algo permitió en 1996 deducir que había surgido una "nueva variante" de Creutzfeldt-Jakob provocada por el consumo de carne es que el prión vacuno se comportaba de forma distinta al humano. No se sabe cuántos tipos y subtipos de priones existen en los mamíferos, ni a qué se deben sus diferencias.

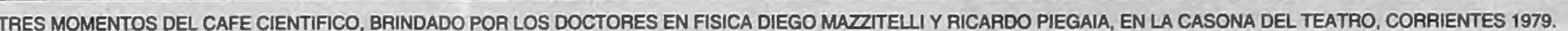
El equipo francés también aporta alguna novedad sobre esta cuestión. Según sus datos, los priones son esencialmente de dos clases: la clase "bovina", que incluye al agente de las vacas locas y a los priones de humanos y otros primates originados por contagio de origen vacuno; y la clase "ovina", que incluye al agente del *scrapie* o tembladera de la oveja, y también, sorprendentemente, al prión humano de la "variante clásica", es decir, el que no tiene nada que ver con la ingestión de vacuno.

Por cierto que este último hecho lleva a los científicos del CEA a reconsiderar los riesgos del *scrapie* ovino, del que no hay evidencias de que se transmita a las personas. "En algunos casos", señalan los autores, "las encefalopatías transmisibles de la oveja y del ser humano pueden compartir un origen común".

# Atomos y vacío

el átomo es bombardeándolo. Como es algo tan chico –un tamaño típico es una cien millonésima de centímetro, 0,000000001 cm–, se debe utilizar este método. Uno de los primeros experimentos de este tipo fue hecho en 1911, por Ernest Rutherford. Ya se tenía alguna idea del tamaño de los átomos y se sabía que existían los electrones de modo que no era indivisible".





TRES MOMENTOS DEL CAFE CIENTIFICO, BRINDADO POR LOS DOCTORES EN FISICA DIEGO MAZZITELLI Y RICARDO PIEGAIA, EN LA CASONA DEL TEATRO, CORRIENTES 1979.

## EL ÁTOMO COMO BUDÍN

Antes de la era de las colisiones y las supercolisiones subatómicas, hubo que descubrir que en verdad había materia distinta al interior de los átomos. El físico inglés Thompson en 1897, que descubrió los electrones, seguramente era una persona un tanto golosa, al menos es lo que deja entrever el modo en que se imaginó el átomo. Mazzitelli: "Thompson pensaba que el átomo era una especie de budín, donde la masa era un conjunto con carga positiva y las pasas de uva eran los electrones con carga negativa. Esa imagen tenía en mente. Podía ser, era una hipótesis. Para testearla, Rutherford tomó una lámina de oro muy delgada y la bombardeó con partículas que provenían de una fuente radiactiva. Las partículas cargadas se dispersaban pero, un poco por casualidad, se dio cuenta que algunas de estas partículas volvían, volvían de la lámina, rebotaban. Rutherford confesó que 'era como si una hoja de papel hiciera rebotar una bala decañón', tal fue su sorpresa. La manera de explicar ese resultado experimental era ni más ni menos que cambiando la teoría de Thompson: el átomo no era un budín con la carga positiva distribuida uniformemente, sino algo más parecido al sistema planetario, con la carga concentrada en una región muy pequeña, el núcleo, y con los electrones alrededor, girando. Esa es la imagen que todos tenemos del átomo: un núcleo con todos los electrones girando alrededor. Rutherford llegó a cuantificar todo esto con números impresionantes: el núcleo es de 10.000 a 100.000 veces más chico que el átomo. Los físicos solemos dar ejemplos: se me ocurrió que si el núcleo fuera una pelota de ping pong, los electrones estarían en una región que va entre el Obelisco y el mercado del Abasto, para que se den una idea del tamaño".

## EL ÁTOMO COMO COSMOS

Ricardo Piegaia: "Los físicos hemos ido entendiendo la constitución de la materia mirando a escalas cada vez más y más pequeñas, y cómo hemos entendido la constitución de estructuras complejas a través de cosas más simples. El problema es que a cada simpleza, se le agrega una cosa aún más simple. Toda la materia está compuesta de moléculas, hay millones de moléculas que componen todas las cosas que conocemos, que se obtienen mezclando de maneras distintas unos 90 átomos. Es un paso de simplificación: con 90 cosas, explicamos millones. Pero 90 sigue siendo mucho. Se vio entonces que esos átomos están compuestos de tres partículas: electrón, protón y neutrón, que forman los 90 átomos. El siguiente paso era ver si el electrón, el protón y el neutrón están compuestos de otras cosas, adentro. (A eso habría que añadir el fotón que es la partícula que transmite la fuerza electromagnética, que le da estabilidad al átomo.) Luego, hubo una serie de descubrimientos, cuando se reunieron las teorías cuánticas y la de la relatividad, para comprender partículas muy pequeñas y que tienen gran aceleración".

Mazzitelli: "Claro, porque no se puede pensar como un sistema solar en miniatura al modelo atómico, porque de esta manera el electrón caería sobre el núcleo atómico. Esto indicó que la física clásica no es el elemento adecuado para explicar lo que pasa en escalas microscópicas. Por eso nació la mecánica cuántica, que es una teoría que permite describir la física nuclear, atómica y subnuclear. Es el comportamiento ondulatorio de los electrones –como onda y como partícula– es el que permite explicar la estabilidad de los átomos. Es una de las teorías que ha sido probada con más precisión en la historia de las ciencias y toda la era digital es hija de la mecánica cuántica".

## LAS PARTÍCULAS CONTRERAS

Son algunos de los problemas que surgen cuando la complejidad va en aumento, el universo se hace cada vez más extraño y los científicos se especializan tanto que es preciso estudiar muchísimo para conocer una pequeña parcela de un campo particular. En 1932, cuando se conocían sólo dos partículas subatómicas –el protón y el electrón–, Paul Dirac encontró que sus ecuaciones admitían dos soluciones: una para una partícula de carga positiva y otra para una de carga negativa. Luego del desconcierto, Dirac sugirió que esa solución podía corresponder a una partícula desconocida, enteramente igual que electrón, salvo en su carga, una especie de *antielectrón*. Era el nacimiento de la antimateria.



> "Los físicos hemos ido entendiendo la constitución de la materia mirando a escalas cada vez más y más pequeñas, y hemos entendido la constitución de estructuras complejas a través de cosas más simples. El problema es que a cada simpleza se le agrega una cosa aún más simple. Con 90 átomos, explicamos millones de cosas. Pero 90 sigue siendo mucho..."

Piegaia: "Tres años después de la predicción teórica de Dirac, Andersen descubrió la antipartícula del electrón. Por supuesto, recibió el premio Nobel. En ese momento era muy extraño, pero hoy en día es facilísimo en los laboratorios producir antipartículas, si utilizamos las antipartículas como forma de descubrir modos de actuar de los átomos. El proceso inverso de la ecuación de Einstein (la energía es igual a la masa por aceleraciónal cuadrado, E=mc2) también es posible: obtener masa de la energía. Ese proceso nos permitió avanzar en la comprensión de la materia. La idea es la siguiente: si yo hago chocar un electrón y un antielectrón a mucha velocidad, con mucha energía, se aniquilan y producen un protón y un antiprotón –la masa del protón es mucho más pesada, dos mil veces, que la del electrón–. Este proceso de fabricación de partículas es interesante: obtener masa de energía. Lo verdaderamente interesante es aumentar las velocidades y conseguir partículas que no conocíamos. La física de partículas se basa en trabajar con aceleradores. Uno acelera partículas, para que choquen con gran energía, y se empiezan a obtener partículas de más masa, nuevas en cierto sentido. La historia de los aceleradores comienza en 1950".

Pero antes se había descubierto otras partículas. En 1933 se descubrió un pariente pesado del electrón, llamado muon, al estudiar las lluvias cósmicas, que es unas 200 veces más pesado que el electrón. Apareció experimentalmente al chocar esas partículas ultra energéticas con la atmósfera de la tierra; no se trata de algo producido por los físicos en laboratorios, simplemente llegan a la tierra. Otro ejemplo: en 1947 se encontró, en un laboratorio de Bolivia que se llama Chacaltaya, más alto que La Paz, cerca del borde de la atmósfera, el pion.

Piegaia: "La siguiente se encontró ya con los aceleradores que el hombre inventó. Eso permitió que se encontraran muchas de estas partículas. Un chiste dice que hasta 1950 al que encontraba una nueva partícula le daban el premio Nobel, después de 1950 le cobraban una multa. El chiste tiene sentido porque empezaron a aparecer partículas y partículas y partículas. Del modelo simple se saltó a uno que mostraba que el protón, el neutrón y el electrón tenían una cantidad enorme de parientes, ciento y miles. Así quedó claro que la historia no iba a terminar de este modo porque era inaceptable que hubiera cientos de estas partículas elementales. Entonces, fue en la misma década del '50 que Gell-Mann y Sweig propusieron el modelo de quarks. Estos cientos de partículas se reducían a tres quarks (*u*, *d* y *s*), con cargas fraccionarias (esa fue su debilidad, aún no se han descubierto). Ahora, con tres partículas explicábamos todo. Bárbaro, pero duró hasta 1974. En ese momento, se descubrió un cuarto quark (*c*); en 1979 se descubrió un quinto quark (*p*); y en 1995 se descubrió el sexto quark (*t*, descubrimiento en el que tuve la suerte de participar) y todo se complicó nuevamente".

## CUESTIÓN DE ACELERAR

Ricardo Piegaia se refirió también a esos gigantes laboratorios en que el hombre acelera partículas para comprender cómo está hecha la materia. "El más grande de los aceleradores es circular y está ubicado en la frontera entre Francia y Suiza. Es un laboratorio subterráneo, hasta 130 metros bajo tierra, y es un anillo de 27 kilómetros de largo donde viajan electrones y antielectrones en direcciones opuestas, se los hace chocar y se obtienen esas nuevas partículas. Fue construido para descubrir la partícula esencial. Y ahora está siendo reformado con un costo de 7.000 millones de dólares para encontrar al Higgs que es lo que la Física prevé y aún no se ha encontrado. Los físicos creemos que la vamos a encontrar, porque eso explicaría el origen de la masa de todas las partículas y es la partícula que falta para completar el cuadro de la física teórica en términos de la que se entiende toda la materia de la cual estamos constituidos. Esto es así porque las partículas elementales son puntuales, no tienen volumen, no tienen estructura interna. Son 16, y es un número demasiado grande para ser elementales. Es muy probable que exista un nuevo paso en la Física en el que estas partículas se entiendan en unas pocas partículas, dos o tres, en términos de las cuales ellas están compuestas. Lo que sucede es que la energía que producen hoy los aceleradores no hapermitido encontrar evidencias de estas partículas. Nada impide que cuando se consigan mayores energías para los aceleradores se encuentre que en realidad no son *puntitos* sino *pelotitas* y que a su vez están compuestas por otras partículas más pequeñas".

## PREGUNTAS: CERCA DE LA REVOLUCIÓN

La primera pregunta que surgió, entonces, fue si la física seguiría completando casilleros siempre, siempre. Ricardo Piegaia respondió: "En ese sentido la física se ha vuelta un poco aburrida. Cada vez que se presenta un trabajo, el tipo que da la charla dice: 'hemos medido esto y aquello y está en todo de acuerdo con las predicciones de la teoría tal o cual'. Estamos aburridos y por eso buscamos un experimento que no esté de acuerdo con la teoría, para ver en qué dirección hay que seguir agrandando la teoría que tenemos. Por ejemplo: cuando se vio que había partículas que tenían movimiento ondulatorio, se descubrió la mecánica cuántica. Los físicos necesitamos experimentos para cambiar la teoría. Por eso estoy seguro que la historia no terminó acá porque, entre otras cosas, 16 partículas son mucho. Debería haber una teoría que englobara la teoría estándar. Ustedes habrán oído hablar de las teorías de las Supercuerdas, Supersimetrías u otra que se llama Technicolor. Son distintas maneras de explicar cosas que no encajan con el modelo estándar. Cuando se encuentre un experimento que no encaje con la teoría estándar, los teóricos sabrán cuál es el camino, que tal vez no sea ninguna de las teorías éstas y sea otra distinta". En términos del filósofo de la ciencia Thomas S. Kuhn, Piegaia pareciera asegurar estar cansado de la ciencia acumulativa y desear una revolución que cambie al fin el paradigma. Por supuesto que el nuevo paradigma debería ser mejor, más explicativo y, en cierto sentido, englobar al modelo estándar.

Mazzitelli también hizo su aporte: "Quiero agregar que todavía no se ha encontrado una teoría que una a la teoría general de la relatividad con la mecánica cuántica. Ese es otro tema pendiente desde el principio de la mecánica cuántica y es un objetivo de muchos de los físicos teóricos -como yo– en el que Einstein trabajó hasta su muerte y no lo logró". Lo que supondría que no se trata de una tarea fácil.

## PERFUME DE AZAR

Una de las últimas preguntas estuvo referida al indeterminismo que conllevaría la mecánica cuántica que introduciría el caos en el cosmos, del que sería válido afirmar cualquier cosa, según el filósofo que preguntaba. Mazzitelli, por cierto, no estuvo de acuerdo con la afirmación que entrañaba la pregunta. "La mecánica cuántica predice con mucha precisión, pero predice probabilidades. ¿Eso es determinista o indeterminista? Bueno, depende de la definición de determinista. Claramente, el tipo de predicciones son menos detalladas que las de la física clásica: hoy conociendo la posición y la velocidad de los planetas, haciendo cálculos más o menos complicados se puede predecir la posición y velocidad que van a tener en tres siglos. Ahora bien, conociendo el estado cuántico de un sistema, dentro de tres siglos se puede saber la probabilidad de encontrar un átomo en tal posición. Está esa palabra, *probabilidad*, en el medio. Que esté esa palabra, no quiere decir que el universo sea caótico o que se puede decir cualquier cosa sobre él. Queremos transmitir que detrás de la mecánica cuántica hay muchos experimentos muy, pero muy precisos que la confirman. Partiendo de los espectros que mostré antes, hasta el efecto túnel que es la base del funcionamiento de los transistores que, a su vez son la base de los circuitos integrados que están adentro de las computadoras. Detrás de todo eso está la mecánica cuántica, que está claro que es distinta de la físicaclásica, y a la que le pone límites de aplicabilidad. Es válida en el mundo macro, no en el micro".

La carrera hacia la unidad mínima (el *a-tomos* griego), que empezó hace veinticinco siglos, continúa y parece estar muy lejos de finalizar. Sin embargo, tal vez la solución esté a la vuelta de la esquina y se llame Higgs. O tal vez no.

NOVEDADES EN CIENCIA

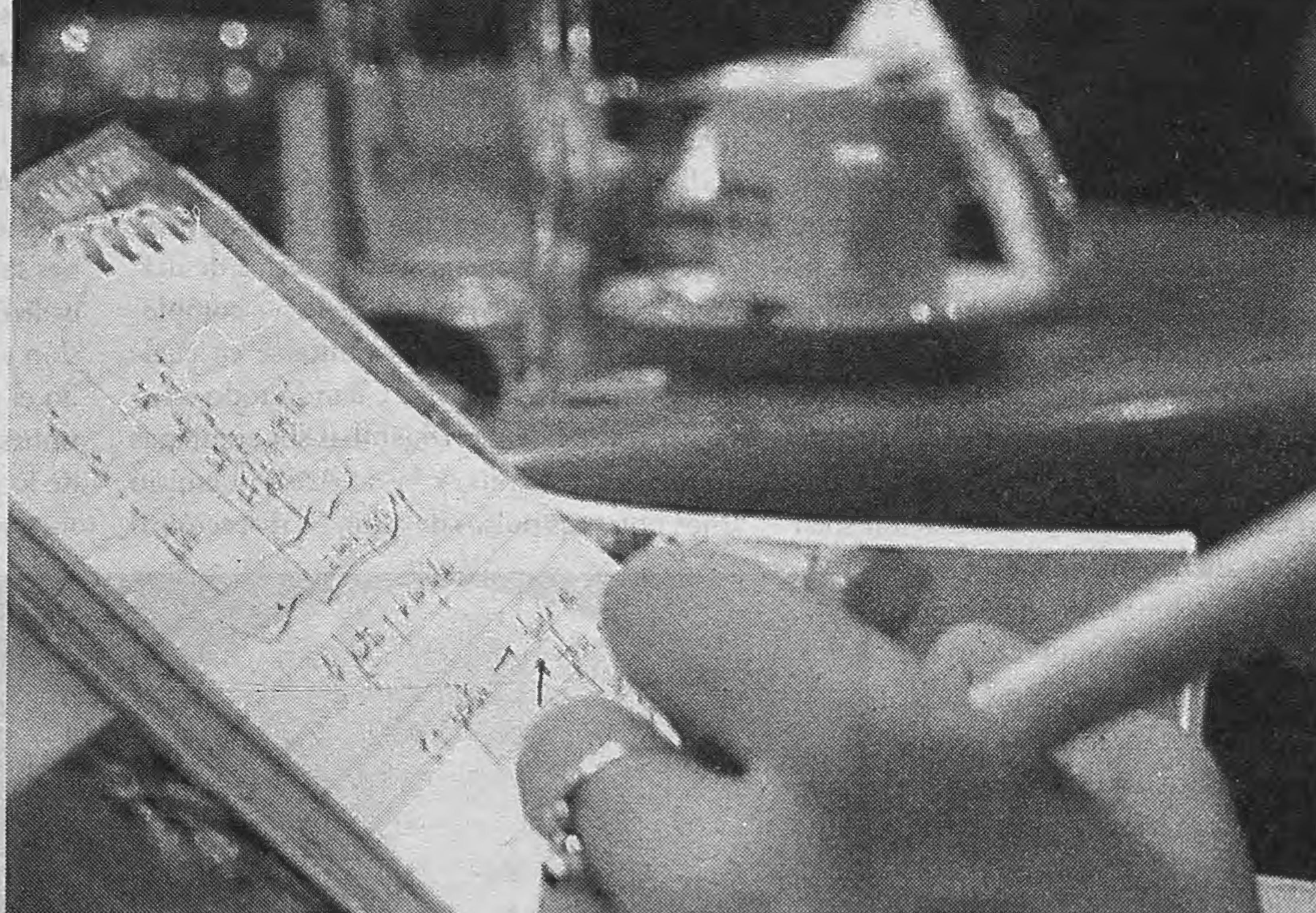
### MARTE: ¿VIAJE TRIPULADO EN 20 AÑOS?

**NewScientist** La exploración del planeta rojo comenzó en 1965, con la ya legendaria nave *Mariner 4*. Desde entonces, mucha agua ha corrido bajo el puente, incluyendo hitos memorables como los amartizajes de las *Viking I* y *II* (1976) y la *Mars Pathfinder* (1997), o la exitosa campaña de mapeado fotográfico de la *Mars Global Surveyor*. Ahora mismo, otra sonda espacial, la *2001 Mars Odyssey*, está viajando a Marte y llegará dentro de cinco meses (ver **Futuro** 7/4/01). Toda esta avanzada marciana, encarada principalmente por la NASA, tendrá un broche de oro: un viaje tripulado, una aventura sin precedentes que probablemente tendrá carácter internacional. Ahora bien: ¿cuándo llegarán los astronautas a Marte? Se vienen barajando varias fechas, pero hace unos días Daniel Goldin, el director general de la NASA, anunció que la misión tripulada al planeta hermano ocurrirá "en no menos de diez años, y no más de veinte". En el marco de un discurso realizado en la Universidad George Washington, Goldin subrayó la necesidad de que la NASA tenga un gran objetivo para recapturar el interés público por la carrera espacial. "Encendamos la idea de que esta civilización no está condenada a vivir en un solo planeta, y que podemos extender el alcance de nuestra especie a otros lugares del Sistema Solar", dijo Goldin, muy entusiasmado. Sin embargo, algunos expertos creen que sus palabras son demasiado optimistas: "Veinte años es el plazo mínimo para realizar un viaje tripulado a Marte", dice Collin Pillinger, un especialista de la Universidad Open, de Gran Bretaña. Y agrega: "Lo que dijo Goldin no coincide con los actuales planes aprobados por la NASA". Sin embargo, todo indica que Marte es un objetivo nacional para Estados Unidos: el presidente George W. Bush realizó varios cortes de presupuesto a la NASA, pero no tocó los fondos destinados a la exploración del planeta rojo. Por otra parte, George Bush padre ya había anunciado durante su presidencia que el hombre llegaría a Marte hacia el 2019, justo en el 50º aniversario de la llegada a la Luna.



Lo cierto es que, para que se cumplan los plazos anunciados por Goldin, hace falta que el programa de la NASA tome un fuerte envión durante los próximos años, especialmente teniendo en cuenta los fracasos de las misiones *Mars Climate Orbiter* y de la *Mars Polar Lander*, de 1999. Actualmente hay varias misiones programadas (no tripuladas) que irían preparando el terreno para el viaje de los astronautas; entre ellas, dos pequeños vehículos robot que recorrerían el suelo marciano en el 2003, y otro que tomaría muestras del suelo y las traería de regreso hacia el 2009. Por su parte, la Agencia Espacial Europea (ESA) también está trabajando en un programa de exploración de Marte que se iniciará con la nave *Mars Express*. No sería nada raro que la NASA, la ESA y las agencias espaciales de Rusia y Japón encararan una alianza destinada a esta ya no tan lejana gran aventura de la humanidad. En definitiva, es sólo cuestión de tiempo porque, tal como dice Pillinger, "nuestra especie está destinada a explorar y explorar".





POR LOS DOCTORES EN FISICA DIEGO MAZZITELLI Y RICARDO PIEGAIA, EN LA CASONA DEL TEATRO, CORRIENTES 1979.



"Los físicos hemos ido entendiendo la constitución de la materia mirando a escalas cada vez más y más pequeñas, y hemos entendido la constitución de estructuras complejas a través de cosas más simples. El problema es que a cada simpleza se le agrega una cosa aún más simple. Con 90 átomos, explicamos millones de cosas. Pero 90 sigue siendo mucho..."

contraba una nueva partícula le daban el premio Nobel, después de 1950 le cobraban una multa. El chiste tiene sentido porque empezaron a aparecer partículas y partículas y partículas. Del modelo simple se saltó a uno que mostraba que el protón, el neutrón y el electrón tenían una cantidad enorme de parientes, ciento y miles. Así quedó claro que la historia no iba a terminar de este modo porque era inaceptable que hubiera cientos de estas partículas elementales. Entonces, fue en la misma década del '50 que Gell-Mann y Sweig propusieron el modelo de quarks. Estos cientos de partículas se reducían a tres quarks (*u*, *d* y *s*), con cargas fraccionarias (esa fue su debilidad, aún no se han descubierto). Ahora, con tres partículas explicábamos todo. Bárbaro, pero duró hasta 1974. En ese momento, se descubrió un cuarto quark (*c*); en 1979 se descubrió un quinto quark (*p*); y en 1995 se descubrió el sexto quark (*t*, descubrimiento en el que tuve la suerte de participar) y todo se complicó nuevamente".

**CUESTIÓN DE ACELERAR**

Ricardo Piegaia se refirió también a esos gigantes laboratorios en que el hombre acelera partículas para comprender cómo está hecha la materia. "El más grande de los aceleradores es circular y está ubicado en la frontera entre Francia y Suiza. Es un laboratorio subterráneo, hasta 130 metros bajo tierra, y es un anillo de 27 kilómetros de largo donde viajan electrones y antielectrones en direcciones opuestas, se los hace chocar y se obtienen esas nuevas partículas. Fue construido para descubrir la partícula esencial. Y ahora está siendo reformado con un costo de 7.000 millones de dólares para encontrar al Higgs que es lo que la Física prevé y aún no se ha encontrado. Los físicos creemos que la vamos a encontrar, porque eso explicaría el origen de la masa de todas las partículas y es la partícula que falta para completar el cuadro de la física teórica en términos de la que se entiende toda la materia de la cual estamos constituidos. Esto es así porque las partículas elementales son puntuales, no tienen volumen, no tienen estructura interna. Son 16, y es un número demasiado grande para ser elementales. Es muy probable que exista un nuevo paso en la Física en el que estas partículas se entiendan en unas pocas partículas, dos o tres, en términos de las cuales ellas están compuestas. Lo que sucede es que la energía que producen hoy los aceleradores no hapermitido encontrar evidencias de estas partículas. Nada impide que cuando se consigan mayores energías para los aceleradores se encuentre que en realidad no son *puntitos* sino *pelotitas* y que a su vez están compuestas por otras partículas más pequeñas".

**PREGUNTAS: CERCA DE LA REVOLUCIÓN**

La primera pregunta que surgió, entonces, fue si la física seguiría completando casilleros siempre, siempre. Ricardo Piegaia respondió: "En ese sentido la física se ha vuelta un poco aburrida. Cada vez que se presenta un trabajo, el tipo que da la charla dice: 'hemos medido esto y aquello y está en todo de acuerdo con las predicciones de la teoría tal o cual'. Estamos aburridos y por eso buscamos un experimento que no esté de acuerdo con la teoría, para ver en qué dirección hay que seguir agrandando la teoría que tenemos. Por ejemplo: cuando se vio que había partículas que tenían movimiento ondulatorio, se descubrió la mecánica cuántica. Los físicos necesitamos experimentos para cambiar la teoría. Por eso estoy seguro que la historia no terminó acá porque, entre otras cosas, 16 partículas son mucho. Debería haber una teoría que englobara la teoría estándar. Ustedes habrán oído hablar de las teorías de las Supercuerdas, Supersimetrías u otra que se llama Technicolor. Son distintas maneras de explicar cosas que no encajan con el modelo estándar. Cuando se encuentre un experimento que no encaje con la teoría estándar, los teóricos sabrán cuál es el camino, que tal vez no sea ninguna de las teorías éstas y sea otra distinta". En términos del filósofo de la ciencia Thomas S. Kuhn, Piegaia pareciera asegurar estar cansado de la ciencia acumulativa y desear una revolución que cambie al fin el paradigma. Por supuesto que el nuevo paradigma debería ser mejor, más explicativo y, en cierto sentido, englobar al modelo estándar.

Mazzitelli también hizo su aporte: "Quiero agregar que todavía no se ha encontrado una teoría que una a la teoría general de la relatividad con la mecánica cuántica. Ese es otro tema pendiente desde el principio de la mecánica cuántica y es un objetivo de muchos de los físicos teóricos -como yo- en el que Einstein trabajó hasta su muerte y no lo logró". Lo que supondría que no se trata de una tarea fácil.

**PERFUME DE AZAR**

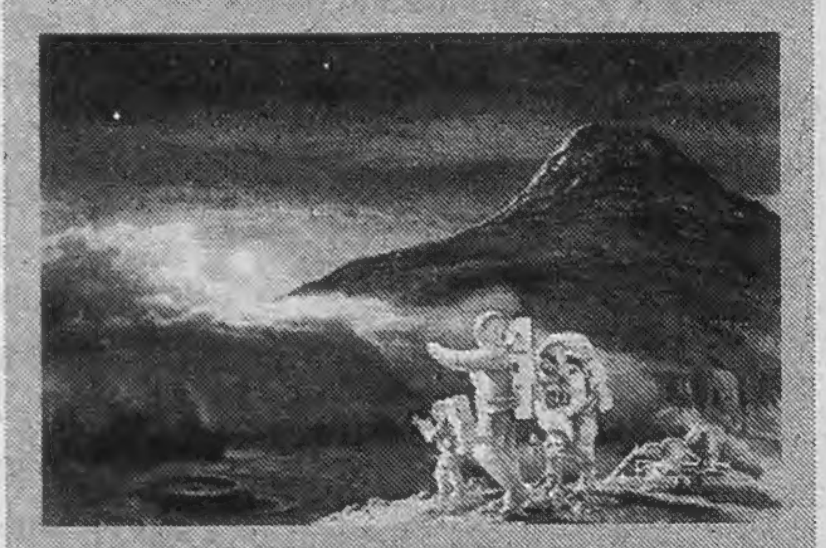
Una de las últimas preguntas estuvo referida al indeterminismo que conllevaría la mecánica cuántica que introduciría el caos en el cosmos, del que sería válido afirmar cualquier cosa, según el filósofo que preguntaba. Mazzitelli, por cierto, no estuvo de acuerdo con la afirmación que entrañaba la pregunta. "La mecánica cuántica predice con mucha precisión, pero predice probabilidades. ¿Eso es determinista o indeterminista? Bueno, depende de la definición de determinista. Claramente, el tipo de predicciones son menos detalladas que las de la física clásica: hoy conociendo la posición y la velocidad de los planetas, haciendo cálculos más o menos complicados se puede predecir la posición y velocidad que van a tener en tres siglos. Ahora bien, conociendo el estado cuántico de un sistema, dentro de tres siglos se puede saber la probabilidad de encontrar un átomo en tal posición. Está esa palabra, ***probabilidad***, en el medio. Que esté esa palabra, no quiere decir que el universo sea caótico o que se puede decir cualquier cosa sobre él. Queremos transmitir que detrás de la mecánica cuántica hay muchos experimentos muy, pero muy precisos que la confirman. Partiendo de los espectros que mostré antes, hasta el efecto túnel que es la base del funcionamiento de los transistores que, a su vez son la base de los circuitos integrados que están adentro de las computadoras. Detrás de todo eso está la mecánica cuántica, que está claro que es distinta de la físicaclásica, y a la que le pone límites de aplicabilidad. Es válida en el mundo macro, no en el micro".

La carrera hacia la unidad mínima (el *a-tomos* griego), que empezó hace veinticinco siglos, continúa y parece estar muy lejos de finalizar. Sin embargo, tal vez la solución esté a la vuelta de la esquina y se llame Higgs. O tal vez no.

**NOVEDADES EN CIENCIA**

**MARTE: ¿VIAJE TRIPULADO EN 20 AÑOS?**

**NewScientist** La exploración del planeta rojo comenzó en 1965, con la ya legendaria nave *Mariner 4*. Desde entonces, mucha agua ha corrido bajo el puente, incluyendo hitos memorables como los amartizajes de las *Viking I* y *II* (1976) y la *Mars Pathfinder* (1997), o la exitosa campaña de mapeado fotográfico de la *Mars Global Surveyor*. Ahora mismo, otra sonda espacial, la *2001 Mars Odyssey*, está viajando a Marte y llegará dentro de cinco meses (ver **Futuro** 7/4/01). Toda esta avanzada marciana, encarada principalmente por la NASA, tendrá un broche de oro: un viaje tripulado, una aventura sin precedentes que probablemente tendrá carácter internacional. Ahora bien: ¿cuándo llegarán los astronautas a Marte? Se vienen barajando varias fechas, pero hace unos días Daniel Goldin, el director general de la NASA, anunció que la misión tripulada al planeta hermano ocurrirá "en no menos de diez años, y no más de veinte". En el marco de un discurso realizado en la Universidad George Washington, Goldin subrayó la necesidad de que la NASA tenga un gran objetivo para recapturar el interés público por la carrera espacial. "Encendamos la idea de que esta civilización no está condenada a vivir en un solo planeta, y que podemos extender el alcance de nuestra especie a otros lugares del Sistema Solar", dijo Goldin, muy entusiasmado. Sin embargo, algunos expertos creen que sus palabras son demasiado optimistas: "Veinte años es el plazo mínimo para realizar un viaje tripulado a Marte", dice Collin Pillinger, un especialista de la Universidad Open, de Gran Bretaña. Y agrega: "Lo que dijo Goldin no coincide con los actuales planes aprobados por la NASA". Sin embargo, todo indica que Marte es un objetivo nacional para Estados Unidos: el presidente George W. Bush realizó varios cortes de presupuesto a la NASA, pero no tocó los fondos destinados a la exploración del pla-



neta rojo. Por otra parte, George Bush padre ya había anunciado durante su presidencia que el hombre llegaría a Marte hacia el 2019, justo en el 50º aniversario de la llegada a la Luna.

Lo cierto es que, para que se cumplan los plazos anunciados por Goldin, hace falta que el programa de la NASA tome un fuerte envión durante los próximos años, especialmente teniendo en cuenta los fracasos de las misiones *Mars Climate Orbiter* y de la *Mars Polar Lander*, de 1999. Actualmente hay varias misiones programadas (no tripuladas) que irían preparando el terreno para el viaje de los astronautas; entre ellas, dos pequeños vehículos robot que recorrerían el suelo marciano en el 2003, y otro que tomaría muestras del suelo y las traería de regreso hacia el 2009. Por su parte, la Agencia Espacial Europea (ESA) también está trabajando en un programa de exploración de Marte que se iniciará con la nave *Mars Express*. No sería nada raro que la NASA, la ESA y las agencias espaciales de Rusia y Japón encararan una alianza destinada a esta ya no tan lejana gran aventura de la humanidad. En definitiva, es sólo cuestión de tiempo porque, tal como dice Pillinger, "nuestra especie está destinada a explorar y explorar".

## LIBROS Y PUBLICACIONES

**PREGUNTAS QUE PONEN LOS PELOS DE PUNTA 2**
**Carla Baredes e Ileana Lotersztain**
Ilustraciones: Javier Basile
*Ediciones Iamiqué, 60 pp.*



En *Preguntas que ponen los pelos de punta 2*, Carla Baredes e Ileana Lotersztain continúan con una línea de trabajo que apunta a acercar algunos temas de ciencia a los más chicos. Ponen los pelos de punta preguntas como cuánto dura un día, por qué la Tierra gira alrededor del Sol, qué es el aire, el calor y la sensación térmica, entre otras.

Al lenguaje cercano y claro con el cual están formuladas las preguntas y las respuestas, acompañan un planteo dinámico y sencillo de las cuestiones y diversos altos en la lectura para pensar más a fondo los temas. Recomendado para chicos desde los siete años en adelante "y para padres y maestros en aprietos", *Preguntas que ponen los pelos de punta 2*, finalmente, está acompañado por las ilustraciones de Javier Basile. ***F.M.***

## AGENDA CIENTIFICA

**POSGRADO EN QUILMES**
La Universidad Nacional de Quilmes anuncia que entre el 28 de mayo y el 15 de junio se llevará a cabo el curso de posgrado "Bases celulares y moleculares de la patología viral: elementos para el diagnóstico y la clínica". En tanto, entre el 20 de junio y el 5 de julio, se dictará el curso de posgrado que lleva como título "Condiciones medioambientales, desarrollo y crecimiento económico en la Argentina moderna (1890/1990)".
Informes: 4365-7137, pgutti@unq.edu.ar

**MUESTRA DE FILOSOFÍA**
Los días 28, 29 y 30 de mayo, entre las 9 y las 18, se realizará la *Primera Muestra Nacional de Filosofía*, en el pabellón 3 de la Ciudad Universitaria. La muestra, organizada por el CBC de la UBA y la Asociación Olimpíada Argentina de Filosofía, está dirigida a estudiantes y docentes de polimodal y escuelas medias públicas y privadas, alumnos del CBC y público en general. Habrá foros de discusión, encuentros con artistas plásticos, talleres de reflexión y representaciones teatrales. Participarán Tomás Abraham, Alcira Bonilla, Samuel Cabanchik, Félix Schuster, entre otros pensadores.

**CURSO DE ORALIDAD**
Todos los jueves de junio, de 14 a 16, se realizará en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA el curso denominado *La presentación oral* que tiene como objetivos promover la preparación de la exposición oral (clases, seminarios, conferencias científicas, coordinación, etc.), el aprendizaje del uso de los medios audiovisuales de apoyo y el manejo del temor de hablar en público. Dirigido a docentes, doctorandos, becarios, alumnos y pasantes de la comunidad académica universitaria, tendrá un arancel de 20 pesos y la inscripción se realiza en la Secretaría de Extensión Universitaria, Chorroarín 280.
Informes: 4524-8478, informes@fvet.uba.ar

**MENSAJES A FUTURO**
futuro@pagina12.com.ar

ASTRONOMIA: DOS RADIOTELESCOPIOS REVELAN LA SUPERFICIE DEL PLANETA VECINO

# Radiografía de Venus

POR MARIANO RIBAS

Venus sabe ocultar muy bien su demacrado rostro, quizás por una cuestión de coquetería planetaria. Ningún telescopio óptico puede ver con claridad su superficie, y no porque esté muy lejos sino porque el planeta más cercano a la Tierra está envuelto por una atmósfera ultradensa y pesadísima, repleta de eternos mantos de nubes amarillentas. Esa máscara, compuesta en un 97% de dióxido de carbono, genera un efecto invernadero de proporciones demenciales: la radiación solar entra, pero apenas puede escapar. El resultado es un clima más caliente que el infierno: 500 C de temperatura. De todos modos, los astrónomos se las han ingeniado para desnudar a Venus, y acaban de obtener impresionantes imágenes de su terreno. Esta vez, no hizo falta enviar naves espaciales –como la sonda Magallanes, de principios de los años 90– "sólo" se le pidió una manito a los dos radiotelescopios más grandes del mundo.



### SUPERANTENAS

Los telescopios ópticos no pueden atravesar la robusta atmósfera venusina, pero para los radiotelescopios es un juego de lo más sencillo. Al menos, cuando se arma una buena estrategia observacional. Y eso es exactamente lo que hicieron un grupo de astrónomos norteamericanos, encabezados por el Dr. Donald Campbell, de la Universidad de Cornell. Hace un par de meses, Campbell y sus colegas pusieron a punto al gigantesco radiotelescopio de Arecibo, Puerto Rico, una colosal antena parabólica fija de 300 metros de diámetro, y al flamante *Green Bank Telescope* (GBT), instalado en West Virginia, Estados Unidos (el GBT no es tan grande como el de Arecibo –mide "apenas" 100 metros de diámetro– pero tiene la ventaja de ser completamente móvil, y puede apuntarse en cualquier dirección del cielo. Cuando todo estuvo listo, el 24 de marzo, ambas superantenas apuntaron a Venus, y la de Arecibo emitió unos potentes pulsos de radio en dirección al planeta. Esos pulsos llegaron a Venus en dos minutos y medio, atravesaron su atmósfera, pegaron en su superficie, y rebotaron hacia la Tierra, demorando, nuevamente, dos minutos y medio. Este rebote de las ondas de radio fue recibido no sólo por el aparato de Arecibo, sino también por el GBT. Y a partir de la combinación de los análisis de esas reflexiones de ondas de radio, el equipo de Campbell construyó unas imágenes de altísima calidad (mucho mejores que las que podrían lograrse si sólo se hubiese utilizado uno de los radiotelescopios). El trofeo, que fue presentado hace unos días, está a la vista en esta misma página y muestra la superficie de Venus con detalles de apenas unos kilómetros.

### EL VALOR DE LAS IMÁGENES

Hace una década, la sonda robot Magallanes se colocó en órbita alrededor de Venus y utilizó una técnica de radar muy similar –emisión y rebote de ondas– para mapear casi todo el planeta, burlando su grueso manto de nubes. Así descubrió estructuras geológicas de lo más interesantes, especialmente, enormes volcanes. Pero no quedó del todo claro si esos volcanes están activos o no son más que estructuras muertas, como las que se observan en Marte. Por lo tanto, la comparación de aquellas imágenes de la Magallanes con estas nuevas imágenes de los radiotelescopios podría aclarar el misterio: cualquier cambio entre unas y otras, o entre las actuales y otras futuras, delataría inmediatamente la presencia de actividad volcánica (o de otro tipo) en Venus. Quizás, nuestro vecino aún conserve rasgos de su furia primitiva.

Los primeros resultados de la alianza Arecibo-GBT han sido más que prometedores. Según el propio Campbell, son apenas el comienzo de toda una nueva era de estudios planetarios, no sólo destinados a Venus, sino también a otros integrantes de la familia solar, como Titán, la gran luna de Saturno. Por ahora, los radioastrónomos disfrutan de este triunfo nada despreciable: al fin de cuentas, quitarle el velo a Venus no es cosa de todos los días.

## FINAL DE JUEGO

**Donde se deriva hacia el origen del hombre y otras cuestiones de paleontología**

POR LEONARDO MOLEDO

–Hoy teníamos que hablar de aquellas cosas que no se pueden nombrar -dijo el Comisario Inspector–, pero antes querría comentar algo que me inquietó y que leí en un libro de paleontología.

–Es un cambio brusco de tema –objetó Kuhn– pasar del lenguaje y de los problemas de infinito a la paleontología.

–A la paleoantropología –dijo el Comisario Inspector–, es decir, la parte de la paleontología que se ocupa de los fósiles humanos y de la historia humana.

–Que comenzó en Africa –dijo Kuhn–, cosa que siempre me pareció deliciosa, aunque dudo de que le parezca deliciosa al Ku Klux Klan.

–Por eso, justamente, es deliciosa. Especialmente si uno piensa en todas las interpretaciones racistas que se hicieron de la historia humana. Ahora resulta que somos todos africanos, lo cual está perfecto y, como de costumbre, se amolda a las preferencias de la policía.

–¿Y entonces?

–Y entonces, hay dos puntos a tocar. El primero es el siguiente: hay, en la Teoría de la Evolución una polémica.

–Hay varias –dijo Kuhn.

–Sí, pero tomo esta que me interesa, y que es la oposición entre el gradualismo, que es la posición predominante, y el puntualismo. El gradualismo sostiene, como su nombre lo indica, que las especies evolucionan de una manera gradual y constante, y que las modificaciones microevolutivas son las que, por acumulación, producen los grandes saltos de la evolución.

–Las tesis puntualistas son las de Stephen Jay Gould –dijo Kuhn– y si no me equivoco, proponen que hay períodos de evolución rápida (rápida en términos geológicos, se entiende que pueden ser millones y cientos de miles de años) y grandes períodos de estancamiento, cuando una especie está, digamos, adaptada a su hábitat y no necesita cambiar.

–Eso es –dijo el Comisario Inspector–. Ahora bien: estas dos posiciones no son neutras respecto de nosotros. Si la evolución es verdaderamente gradual y continua, uno saca como conclusión que nosotros, los humanos, estamos evolucionando *ahora*. Es decir, que la evolución está entre nosotros.

–La tesis puntualista es más tranquilizadora.

–Sí –dijo el Comisario Inspector– porque el gradualismo permite interpretar cada hecho desde el punto de vista evolutivo y da pie a cualquier tipo de distinciones racistas. El gradualismo es más de derecha, por así decirlo y el puntualismo más de izquierda, y por lo tanto, como todo el mundo sabe, más de acuerdo con el pensamiento de la policía.

–Sin ninguna duda –dijo Kuhn–, sin ninguna duda.

–Ahora bien: en el terreno de la evolución humana, por lo menos según se sabe hasta hoy, sabemos que el hombre moderno apareció en Africa hace aproximadamente 130 mil años, como resultado de la evolución de especies anteriores nada desdeñables, que fabricaban herramientas y toda la milonga. Todas esas especies, o buena parte de ellas, colonizaron regiones fuera de Africa, y cuando los hombres modernos africanos abandonaron Europa y se esparcieron por el mundo, en un proceso que va desde 100 mil años a 50 mil años atrás, había alrededor de 17 especies de hombre repartidas en distintos lugares. El hombre de Neanderthal, por ejemplo, era una de esas especies.

–Hay una discusión sobre si se cruzaron o no.

–Parece que no –dijo el Comisario Inspector–, la teoría corriente es que el hombre moderno prevaleció y los demás se extinguieron. El hombre de Neanderthal, por ejemplo, se extinguió en Europa hace unos treinta mil años.

–No quiero pensar cómo fueron esas extinciones –suspiró Kuhn.

–Mejor no pensar –dijo el Comisario Inspector–. Verdaderamente. Volviendo un poco atrás en el tiempo, lo que también sostiene hoy la teoría corriente es que la especie nuestra, todavía en Africa y hace unos cien mil años, pasó por un cuello de botella evolutivo. Esto es, debido a las condiciones ambientales, un período de gran aridez en Africa, la población se redujo a un mínimo, pero a un mínimo mínimo.

–¿Qué significa "mínimo mínimo"?

–Diez mil ejemplares. Enfrentados a condiciones especialmente severas, con restricciones de alimentación y todo eso, un único grupo de diez mil personas logró sobrevivir en Africa *y de ese grupo de diez mil personas descienden todos los seres humanos actuales*. Es increíble, porque hubiera sido muy posible una extinción, y ahora el mundo estaría poblado por neanderthales u otras especies de *homo* de las que andaban por ahí. En cierto sentido, nos salvamos por un pelo.

–Lo cual no significa que sea bueno.

–Nada de valores –dijo el Comisario Inspector–. Justamente, nada de valores.

–Bueno, pero ¿qué es lo que provocaba esa inquietud de la que se habló al principio? –preguntó Kuhn.

–Lo seguimos el próximo sábado –dijo el Comisario Inspector.

**¿Qué piensan nuestros lectores? ¿Qué es lo que inquieta tanto al Comisario Inspector Díaz Cornejo en el terreno de la evolución? ¿Y por qué no hay un enigma, ni se comentan cartas de lectores, como es habitual?**